



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 パルス伝搬時間法による電磁波を用いた距離測定方法において、  
周期的な送信時点でそれぞれ 1 つの短い電磁送信パルスを送信し、選択された送信期間で送信時点後に得られた受信信号をサンプリングし、  
当該サンプリングは、前記送信期間の各々において、送信時点に対してサンプリング関数により定められた遅延時間を有するサンプリング時点で、それぞれサンプリング間隔をおいて行い、  
前記サンプリング時点は送信時点に対して種々異なる遅延時間を有しており、  
遅延時間を定めるサンプリング関数は計算回路によって形成する、ことを特徴とする距離測定方法。

【請求項 2】 遅延時間を定めるサンプリング関数をマイクロコンピュータにより形成する、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】 サンプリング関数をマイクロコンピュータに記憶された計算規則によって形成する、請求項 2 記載の方法。

【請求項 4】 サンプリング関数をマイクロコンピュータにテーブルの形態でファイルする、請求項 2 記載の方法。

【請求項 5】 サンプリング関数は線形鋸歯関数である、請求項 1 記載の方法。

【請求項 6】 サンプリング関数は階段関数であり、該階段関数の段は複数のサンプリング間隔の長さを有しており、サンプリング時点は複数の順次連続するサンプリング間隔において、送信時点に対して同じ遅延時間を有している、請求項 1 記載の方法。

【請求項 7】 階段関数の 1 つの段の持続時間中に得られたサンプリング値を積分する、請求項 6 記載の方法。

【請求項 8】 サンプリング時点が送信時点に対して同じ送信期間で有する遅延時間を測定し、測定値を計算回路で目標値と比較し、偏差する場合にはサンプリング関数を、偏差を除去するために補正する、請求項 1 記載の方法。

【請求項 9】 サンプリング関数を補正するために得られた補正值を計算回路に記憶し、後でのサンプリングの際に使用する、請求項 8 記載の方法。

【請求項 1 0】 サンプリング値の評価を測定すべき距離の検出のために計算回路で行い、遅延時間の測定値を計算回路で、測定すべき距離の検出のための基準値として用いる、請求項 8 記載の方法。

【請求項 1 1】 計算回路はサンプリング関数をサンプリング値の評価に依存して変形する、請求項 1 0 記載の方法。

【請求項 1 2】 各サンプリング間隔は複数の送信期間の持続時間を有しており、サンプリングはそれぞれ複数の順次連続する送信期間で 1 回だけ行い、

遅延時間の測定をサンプリングが行われない送信期間でも行い、

2 つの順次連続するサンプリング間で得られた遅延時間の測定値を積分する、請求項 8 記載の方法。

【請求項 1 3】 計算回路は送信パルスの送信と受信信号のサンプリングを、サンプリングが行われる送信期間でだけ実行する、請求項 1 2 記載の方法。

【請求項 1 4】 パルス伝搬時間法による電磁波を用いた距離測定方法において、

10 周期的な送信時点でそれぞれ 1 つの短い電磁送信パルスを送信し、選択された送信期間で送信時点後に得られた受信信号をサンプリングし、

当該サンプリングは、前記送信期間の各々において、送信時点に対してサンプリング関数により定められた遅延時間を有するサンプリング時点で、それぞれサンプリング間隔をおいてサンプリング値を取り出すことにより行い、

前記サンプリング時点は送信時点に対して種々異なる遅延時間を有しており、

20 遅延時間を定めるサンプリング関数は階段関数であり、該階段関数の段は複数のサンプリング間隔の長さを有しており、

サンプリング時点は複数の順次連続するサンプリング間隔で、送信時点に対して同じ遅延時間を有している、ことを特徴とする測定方法。

【請求項 1 5】 階段関数の段の持続時間中に得られたサンプリング値を積分する、請求項 1 4 記載の方法。

【請求項 1 6】 遅延時間を定める階段関数を計算回路によって形成する、請求項 1 4 記載の方法。

30 【請求項 1 7】 遅延時間を定める階段関数をマイクロコンピュータによって形成する、請求項 1 6 記載の方法。

【請求項 1 8】 サンプリング時点が送信時点に対して同じ送信期間で有する遅延時間を測定し、

該測定値を計算回路で目標値と比較し、偏差する場合、偏差を除去するために階段関数を補正する、請求項 1 6 記載の方法。

【請求項 1 9】 階段関数を補正するために求められた補正值を計算回路に記憶し、後でのサンプリングの際に使用する、請求項 1 8 記載の方法。

40 【請求項 2 0】 サンプリング値の評価を測定すべき距離の検出のために計算回路で行い、  
遅延時間の測定値を計算回路で、測定すべき距離の検出のための基準値として使用する、請求項 1 6 記載の方法。

【請求項 2 1】 計算回路はサンプリング関数を、サンプリング値の評価に依存して変形する、請求項 2 0 記載の方法。

50 【請求項 2 2】 各サンプリング間隔は複数の送信期間の持続時間を有しており、サンプリングを複数の順次連

続する送信期間の 1 つでだけそれぞれ行い、遅延時間の測定をサンプリングが行われない送信期間でも行い、

2 つの順次連続するサンプリング間に含まれる遅延時間の測定値を積分する、請求項 18 記載の方法。

【請求項 23】 計算回路は、送信パルスの送信と受信信号のサンプリングを、サンプリングが行われる送信期間でだけ実行する、請求項 22 記載の方法。

【請求項 24】 パルス伝搬時間法による電磁波を用いた距離測定装置において、

送受信装置と、送信パルス発生器と、送信クロック発生器と、サンプリング回路と、サンプリングパルス発生器と、遅延制御回路と、計算回路とを有し、

前記送受信装置は、短い電磁送信パルスを周期的な送信時点で送信し、反射されたエコーパルスを含む受信信号を送出し、

前記送信パルス発生器は、送信パルスを形成し、

前記送信クロック発生器は、周期的な送信クロック信号を形成し、該送信クロック信号は送信パルス発生器に供給され、送信時点を定め、

前記サンプリング回路では、受信信号が順次連続する送信期間においてサンプリングパルスによる制御の下でサンプリングされ、

前記サンプリングパルス発生器は、すべてのまたは選択された送信期間でそれぞれ 1 つのサンプリングパルスをサンプリング時点で形成し、該サンプリング時点はサンプリング関数によって定められた遅延時間を送信時点に対して有しており、

前記遅延制御回路は、送信クロック信号およびサンプリング関数を表す関数信号を受信し、サンプリングパルス発生器にサンプリング時点を定めるサンプリング制御信号を送出し、

前記計算回路は、関数信号を計算回路にファイルされたサンプリング関数に基づいて形成する、ことを特徴とする距離測定装置。

【請求項 25】 計算回路はマイクロコンピュータである、請求項 24 記載の装置。

【請求項 26】 時間差測定回路を有し、該時間差測定回路は第 1 の入力側に送信クロック信号を受信し、第 2 の入力側にサンプリング制御信号を受信し、出力側に前記 2 つの信号間の時間差を表す時間差信号を出力し、該時間差信号は計算回路に供給される、請求項 24 記載の装置。

【請求項 27】 計算回路では、時間差信号によって表された時間差が目標値と比較され、偏差する場合には関数信号が偏差を除去するために変更される、請求項 26 記載の装置。

【請求項 28】 計算回路では、時間差信号によって表された時間差が基準値として測定すべき距離の検出に用いられる、請求項 26 記載の装置。

【請求項 29】 電磁送信パルスを放射し、対象物で反射されたエコーパルスを受信するためのアンテナをさらに有している、請求項 24 記載の装置。

【請求項 30】 アンテナが容器に最高充填状態よりも上に配置されており、

該アンテナは電磁送信パルスを充填物表面に向かって送信し、充填物表面で反射されたエコーパルスを受信する、容器内の充填状態を測定するための請求項 29 記載の装置。

10 【請求項 31】 導波管を有し、該導波管は最高充填状態よりも情報にある入力結合箇所から下方に向かって延在して充填物に漬かっており、

該導波管を介して電磁送信パルスが充填物表面に伝送され、充填物表面で反射されたエコーパルスが入力結合箇所まで伝送されて戻る、容器内の充填状態を測定するための請求項 24 記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、パルス伝搬時間法による、電磁パルスを用いた距離測定に関する。このパルス伝搬時間法では、周期的な送信時点でそれぞれ 1 つの短い電磁送信パルスが発射され、送信時点後の各送信期間で得られる受信信号から有効エコーパルスが求められる。このエコーパルスは対象物で反射されたものであり、この対象物の距離を測定する。有効エコー信号の伝搬時間が測定すべき距離に対する尺度として検出される。

【0002】

【従来の技術】 PCT 国際公開 WO 96 / 07928 および WO 96 / 19737 からとりわけ非常に短い距離測定に対して、送信時点後の順次連続する送信期間で得られる受信信号をストロボスコープで走査することが公知である。これは各送信期間で、鋸歯関数により定められたサンプリング時点でサンプリング値を取り出すことにより行われ、このサンプリング時点は順次連続する送信期間の送信時点に対して、鋸歯関数の線形上昇縁により定められる次第に増加する遅延を有している。順次得られるサンプリング値からサンプリングされた受信信号の時間的に展開されたシミュレーションが得られる。この公知の方法では、鋸歯関数が鋸歯発生器により形成された鋸歯信号によって定義される。従って鋸歯関数は鋸歯発生器の構成によって定められる。従ってこの関数を測定結果に依存して、種々異なる適用条件に適合したり、または偏差を補正するために変化させることはできない。同じように鋸歯関数の代わりに他のサンプリング関数を用いることも不可能である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の課題は、前記の形式の方法において任意のサンプリング関数を適用することができ、適用されるサンプリング関数の各所望の

変形が可能であるように構成することである。

【0004】本発明の別の課題は、本発明の方法を実施するための装置を提供することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】この課題は本発明により、パルス伝搬時間法による電磁波を用いた距離測定方法において、周期的な送信時点でそれぞれ1つの短い電磁送信パルスを送信し、選択された送信期間で送信時点後に得られた受信信号をサンプリングし、当該サンプリングは、前記送信期間の各々において、送信時点に対してサンプリング関数により定められた遅延時間を有するサンプリング時点で、それぞれサンプリング間隔をおいて行い、前記サンプリング時点は送信時点に対して種々異なる遅延時間を有しており、遅延時間を定めるサンプリング関数は計算回路によって形成するように構成して解決される。

【0006】

【発明の実施の形態】サンプリング関数の形成を計算回路、例えばマイクロプロセッサにより行うことによって、各所望のサンプリング関数を使用することができ、このことにより受信信号のサンプリングを任意に変化することができる。サンプリングはまた測定結果に依存して変更することができる。これは例えば、対象領域でのサンプリング数を高め、他の領域では低減するためである。さらに実際に得られた遅延時間を正確に前記の目標値に制御することができる。

【0007】本発明の別の構成では、パルス伝搬時間法による電磁波を用いた距離測定方法において、周期的な送信時点でそれぞれ1つの短い電磁送信パルスを送信し、選択された送信期間で送信時点後に得られた受信信号をサンプリングし、当該サンプリングは、前記送信期間の各々において、送信時点に対してサンプリング関数により定められた遅延時間を有するサンプリング時点で、それぞれサンプリング間隔をおいてサンプリング値を取り出すことにより行い、前記サンプリング時点は送信時点に対して種々異なる遅延時間を有しており、遅延時間を定めるサンプリング関数は階段関数であり、該階段関数の段は複数のサンプリング間隔の長さを有しており、サンプリング時点は複数の順次連続するサンプリング間隔で、送信時点に対して同じ遅延時間を有している。

【0008】この方法により、受信信号の反復サンプリングが同じ測定距離に相応する所定のサンプリング時点で行われる。このことによって複数の順次連続するサンプリング値の積分が可能であり、これにより比較的になきなりリアルタイム信号振幅が得られる。さらに感度が高まり、ノイズの影響が低減される。

【0009】パルス伝搬時間法による電磁波を用いた本発明の距離測定装置は、送受信装置と、送信パルス発生器と、送信クロック発生器と、サンプリング回路と、サ

ンプリングパルス発生器と、遅延制御回路と、計算回路とを有し、前記送受信装置は、短い電磁送信パルスを周期的な送信時点で送信し、反射されたエコーパルスを含む受信信号を送出し、前記送信パルス発生器は、送信パルスを形成し、前記送信クロック発生器は、周期的な送信クロック信号を形成し、該送信クロック信号は送信パルス発生器に供給され、送信時点を決め、前記サンプリング回路では、受信信号が順次連続する送信期間においてサンプリングパルスによる制御の下でサンプリングされ、前記サンプリングパルス発生器は、すべてのまたは選択された送信期間でそれぞれ1つのサンプリングパルスをサンプリング時点で形成し、該サンプリング時点はサンプリング関数によって定められた遅延時間を送信時点に対して有しており、前記遅延制御回路は、送信クロック信号およびサンプリング関数を表す関数信号を受信し、サンプリングパルス発生器にサンプリング時点を決めるサンプリング制御信号を送出し、前記計算回路は、関数信号を計算回路にファイルされたサンプリング関数に基づいて形成する。

【0010】

【実施例】図1は概略的に、パルス伝搬時間法により動作する距離測定装置のブロック回路図を示す。この距離測定装置は送信クロック発生器10を有し、このクロック発生器は有利には水晶制御され、出力側に送信クロック信号STを送出する。このクロック信号は送信パルス発生器12の制御入力側12aに供給される。送信パルス発生器12は、送信クロック信号STにより定められた時間間隔でそれぞれ1つの非常に短い送信パルスISを形成する。この送信パルスはその出力側12bから送受信スイッチ14を介してアンテナ26に供給される。アンテナ16は同時に、送信アンテナとしても受信アンテナとしても用いる。アンテナは順次連続する送信期間で、送信パルス発生器12から送出された送信パルスITを短いマイクロ波パルスの形態で発射する。前記の送信期間の持続時間は送信クロック信号STにより定められる。アンテナはまた、各送信パルスに続く各送信期間の一部で、アンテナ16に到来したマイクロ波信号を受信する。このマイクロ波信号にはとりわけ、対象物で反射された有効エコー信号が含まれており、この対象物の距離が測定装置によって測定されるのである。さらに受信されたマイクロ波信号は、他の物体により反射されたノイズエコーパルスや別のノイズ信号を含んでいることがある。アンテナ16により受信されたこのマイクロ波信号全体が受信信号SEを形成し、この受信信号は送受信スイッチ14を介して測定装置の受信部に供給される。距離測定は、マイクロ波パルスがアンテナ16から反射箇所へ、そしてまたアンテナへ戻るまでの伝搬時間の検出によって行われる。この伝搬時間は同時にまた、送信パルスの送信と有効エコー信号の受信との間の時間である。測定された伝搬時間と既知の電磁波伝播速度と

の積は同時に、測定装置と反射箇所との間隔の2倍である。

【0011】この形式の測定装置に対する公知の適用分野は容器内の充填状態の測定である。この測定はレーダー原理に従って次のように行われる。すなわち、アンテナ16が容器内の最高の充填状態よりも上側に配置され、マイクロ波パルスが果報に向かって発射され、マイクロ波パルスは自由空間を通過して充填物表面に達し、これに続いて充填物表面で反射されたエコーパルスが再び自由空間を通過してアンテナに戻るのである。これは図1

に示された実施例の場合である。欧州特許公開EP0162821A1から、アンテナと管状導波体の一方の端部を接続し、他方の端部を充填物に漬け、マイクロ波をアンテナから管状導波体の内部空間に放射し、ここから中空導波体の形式に従って導くことが公知である。充填物表面は管状導波体の内部空間で外側と同じレベルにあり、充填物表面で反射されたエコーは管状導波体を通過してアンテナに戻る。

【0012】ドイツ特許出願DE4404745C2には、別の充填状態測定装置が記載されている。この測定装置はマイクロ波の放射および受信用のアンテナを有していない。この装置ではマイクロ波は導波体に沿って充填物表面まで導かれる。このような導波体は“Goubau-Leitung”の商標で知られている。Goubau-Leitungはダブル管の形式の2つの平行な管路または同軸管路を有することができる。またこの管路はシングル管によっても構成することができる。いずれの場合でもマイクロ波はGoubau-Leitungから充填物表面へ達し、マイクロ波はそこで発生するインピーダンス変化によって少なくとも一部反射され、マイクロ波の反射成分はGoubau-Leitung上

を入力結合箇所まで戻る。レーダー原理による測定では、マイクロ波送信パルスが固定の搬送波周波数で送信されるが、これとは異なりGoubau-Leitungを使用する場合は各送信パルスは有利には周波数帯域の広い短い針状パルスである。

【0013】レーダー原理による充填物測定の際にも、Goubau-Leitungを使用する際にも、マイクロ波パルスの伝搬時間、すなわち送信パルスの送信と充填物表面で反射されたエコーパルスの受信との間の時間から、アンテナないしはGoubau-Leitungの入力結合箇所と充填物表面との距離が得られる。そして測定すべき充填状態はこの距離と入力結合箇所の既知の取付レベルから容易に算出される。

【0014】図1に示された測定装置はレーダー原理による距離測定に対しても、Goubau-Leitungを使用した間隔測定に対しても適用することができる。なぜならどのようにしてマイクロ波パルスが伝送されるかは重要ではないからである。

【0015】例として以下の説明では、送信クロック信号STが2MHzの周波数を有していると仮定する。従

って送信クロック信号により定められる送信期間の持続時間は0.5μsである。送信パルス発生器12により形成された送信パルスISは、Goubau-Leitungを使用する場合には短い針状パルスであり、このパルスは例えば100psの持続時間と約1MHzから4GHzまでの周波数帯域をとる。

【0016】例えば充填状態測定の場合のように距離が非常に短い場合、測定される時間は非常に短い。例えば15mの測定距離は100nsのパルス伝搬時間に相当する。短い時間の測定を所要の精度で行うことは非常にコストがかかるから、この測定装置では時間伸長をストロボスコープサンプリングによって行う。このようなサンプリングは、TDR (Time Domain Reflectometry) として公知である。このストロボスコープサンプリングは、選択された送信期間内でそれぞれ1つのサンプリング値を受信信号から取り出し、サンプリング時点を送信期間の開始に対して次第に増加的にずらしていく。サンプリングは送信期間の時間領域にわたって行われ、この時間領域は最小到達距離から最大到達距離までの被検出距離領域に相当する。受信信号はサンプリング期間全体で、実質的に変化しないと仮定すれば、合成されたサンプリング値は受信信号のシミュレーションである。しかしその時間尺度はリアルタイム受信信号の時間尺度に対して係数分だけ伸長されている。直接順次連続する送信期間でそれぞれ1回のサンプリングが行われるなら、時間伸長の係数は受信信号の期間を完全に検出するためのサンプリング数と同じであり、サンプリング間隔、すなわち2つの順次連続するサンプリング間の時間間隔は、送信時点に対する僅かな時間シフトの変化を無視すれば、送信期間の持続時間と同じである。さらに大きな時間伸長は次のようにして達成される。すなわちサンプリング値を各送信期間で取り出すのではなく、各n番目の送信期間でだけ取り出すのである。この場合サンプリング間隔はn個の順次連続する送信期間の持続時間と同じである。また時間伸長の係数は、受信信号の期間の完全な検出に対するサンプリング数と各サンプリング間隔に置ける送信区間の数nとの積と同じである。

【0017】図示の測定装置では、ストロボスコープサンプリングがサンプルアンドホールド回路20によって行われる。この回路は受信信号SEを信号入力側20aで受信する。サンプリングアンドホールド回路20の制御入力側20bはサンプリングパルス発生器22の出力側と接続されている。サンプリングパルス発生器22から制御入力側20bに送出される各サンプリングパルスIAごとに、サンプリングアンドホールド回路20は受信信号SEの瞬時値をサンプリングする。得られたサンプリング値は保持され、次のサンプリングまでサンプリングアンドホールド回路20の出力側20cで使用される。

【0018】サンプリングを前に説明したように、送信

期間の開始に対して増加的な遅延時間  $\Delta t$  をもって実行されるようにするため、サンプリングパルス発生器 2 2 からのサンプリングパルスは遅延制御回路 2 4 による制御で形成される。遅延制御回路 2 4 は入力側 2 4 a に送信クロック信号 S T を受信し、入力側 2 4 b に関数信号 S T を受信する。この関数信号が遅延時間  $\Delta t$  の所望の時間経過を定める。この遅延時間は順次連続するサンプリングパルス I A の各々が、サンプリングが行われる送信期間の開始に対して有しているものである。最も簡単な場合この遅延時間  $\Delta t$  はサンプリングパルスごとに線形に増加する。関数信号 S T は周期的な鋸歯状の信号とすることができ、これは図 2 に示されている。鋸歯状信号 S F の瞬時値は、該当するサンプリング時点に対する遅延時間  $\Delta t$  を表す。このサンプリング時点は例えば 0 から 5 0 0 n s の検出領域にある。また期間持続時間 T F は送信期間全体の持続時間に相当する。この送信期間にわたって受信信号の期間の完全な検出が伸長している。例えばサンプリングが 2 m s ごとにのみ行われるならば、すなわちこの実施例では各 4 0 0 0 番目の送信期間で行われるなら、受信信号 S E の 1 期間の完全な検出は 1 0 0 0 回のサンプリングによって行われることになり、関数信号 S F は 2 s の期間持続時間 T F を有する。

【 0 0 1 9 】 遅延制御回路 2 4 は出力側 2 4 c にサンプリング制御信号 S A を出力する。このサンプリング制御信号は入力側 2 4 a に供給される送信クロック信号 S T と同じ周波数を有するが、この送信クロック信号 S T に対して遅延時間  $\Delta t$  を有している。この遅延時間は関数信号 S F の瞬時値によって定められた値を有する。このサンプリング制御信号 S A は、サンプリングパルス発生器 2 2 の制御入力側 2 2 a に供給される。従ってサンプリングパルス発生器 2 2 は送信クロック信号 S A の各期間で出力側にサンプリングパルス I A を形成する。このサンプリングパルスは、同じ送信期間で送信パルス発生器 1 2 により形成された送信パルス I S に対してこの遅延時間  $\Delta t$  だけ遅れている。後続の各サンプリングパルス I A に対して遅延時間  $\Delta t$  は、関数信号 S F の上昇に相応して、期間持続時間 T F の終了に達するまで増大する。次に遅延時間は再び初期値にジャンプし、新たに増大を始める。鋸歯状信号の各期間に含まれるサンプリング値は、受信信号 S E の走査領域期間のシミュレーションである。

【 0 0 2 0 】 図 1 の測定装置の特徴は、関数信号が計算回路によって形成されることである。計算回路は図示の実施例ではマイクロコンピュータ 3 0 により形成され、マイクロコンピュータには関数信号の時間経過を定めるサンプリング関数が記憶されている。マイクロコンピュータ 3 0 は出力側 3 0 a にデジタル信号を出力する。このデジタル信号は関数信号の時間経過を表し、D/A 変換器 2 6 によってアナログ関数信号 S F に変換される。変換されたアナログ関数信号 S F は遅延制御回路 2 4 に

供給される。サンプリング関数は、マイクロコンピュータ 3 0 に記憶された計算規則によって形成される。このことは例として図 2 に示された線形鋸歯関数では容易に可能である。または関数が複雑な経過をする場合、マイクロコンピュータ 3 0 にテーブルの形態でファイルすることもできる。

【 0 0 2 1 】 関数信号 S F をマイクロコンピュータ 3 0 により形成することの大きな利点は、サンプリング制御信号 S A が送信クロック信号 S T に対して与えられた遅延時間  $\Delta t$  が正確に被検サンプリング時点に相当しているか否かを簡単に監視できることであり、これにより検出された偏差を除去することができる。この目的のために時間差測定回路 3 2 が設けられており、この時間差測定回路は一方の入力側に送信クロック信号 S T を、他方の入力側にサンプリング制御信号 S A を受信し、出力側に時間差信号 S D を出力する。この時間差信号は信号 S A と S T との間の時間差  $\Delta t$  を表す。アナログ時間差信号 S D は A/D 変換器 3 4 でデジタル信号に変換され、変換されたデジタル信号はマイクロコンピュータ 3 0 の入力側 3 0 b に供給される。マイクロコンピュータ 3 0 は測定された時間差  $\Delta t$  を瞬時のサンプリング時点に対して設定された目標値と比較し、偏差する場合には出力側 3 0 a に出力された関数値に補正を施し、この補正によって偏差は除去される。種々異なるサンプリング時点に対して検出された補正値はマイクロコンピュータ 3 0 に記憶され、後でのサンプリングの際に使用される。

【 0 0 2 2 】 補正は種々異なる仕方で行うことができる。エラーの原因は、温度変化、電圧変動、構成素子の老化等であり、通常は緩慢に変化するので、比較的に大きな時間間隔で、例えば 5 分おきに補正を行えば普通は十分である。図 2 に示した鋸歯関数のような線形関数の場合は、エラーの検出と補正を 2 点で行い、関数全体を補正するので十分である。

【 0 0 2 3 】 関数信号 S F をマイクロコンピュータ 3 0 により形成することの別の利点は、図 2 に示したような線形鋸歯関数の代わりに任意の他の関数を受信信号 S E のサンプリングに使用できることである。例として図 3 には階段関数が示されている。この関数では段が複数のサンプリング間隔の長さを有している。わかりやすくするため図 3 には階段関数の期間の開始領域と終了領域だけが時間尺度で示されている。この時間尺度は図 3 の鋸歯関数の時間尺度よりも格段に大きい。この階段関数を使用することによって受信信号 S E を複数の選択された送信期間で順次、同じ遅延時間  $\Delta t$  により、すなわち同じ測定距離に相当するサンプリング時点で、遅延時間  $\Delta t$  の次の値に移行するまで複数回サンプリングすることができる。同じ遅延時間  $\Delta t$  に対して得られたサンプリング値は評価の前に積分することができる。このことによって測定精度が高まり、ノイズの影響が低減される。さらに種々異なる階段持続時間および/または階段レベル

を使用することによって、受信信号のサンプリングを種々異なる条件に適合させ、最適化することができる。サンプリングの数は、比較的長い階段によって所定の距離領域で高められ、比較的短い階段によって別の距離領域で低減される。階段を比較的に低くすることにより、サンプリングされる距離点をさらに相互に密にすることができ、これによりこの領域での分解能が高められる。一方、階段を比較的に高くすることにより、他の領域での分解能を低減することができる。このことにより使用者は、種々の要求にサンプリングを非常に柔軟に適合させることができる。

【0024】有利には関数信号の形成に対して、ストロボスコープサンプリングにより得られる時間伸長受信信号の評価を行うのと同じマイクロコンピュータを使用する。従って図1に示された測定装置では、サンプリングアンドホールド回路20の出力信号は、増幅器36での増幅後、A/D変換器38によりデジタル信号に変換され、このデジタル信号がマイクロコンピュータ30の入力側30cに供給される。マイクロコンピュータ30はデジタル化されたサンプリング信号から受信信号の中で有効エコーパルスの位置を検出し、さらにこのエコーパルスの伝搬時間を検出し、そこから測定すべき距離を求める。ここでは有利には、時間差測定回路32から送出された時間差信号DSが基準信号として用いられる。時間差信号DSは各サンプリング時点ごとに正確に送信時点からの時間間隔を表す。これによりマイクロコンピュータ30は有効エコーパルスが検出されたサンプリング時点に対して送信時点からの正確な時間間隔、およびひいてはマイクロ波パルスの伝搬時間を時間差信号DSから求めることができる。

【0025】さらにマイクロコンピュータ30は評価結果に依存してサンプリングを変形することができる。例えばマイクロコンピュータはサンプリング数を、有効エコーパルスの周辺では増大させ、そこから離れた領域では低減することができる。またはマイクロコンピュータはサンプリングを有効エコーパルスのある時間的評価窓に制限することができる。また測定すべき距離が変化する場合には、この評価窓を有効エコーパルスの位置に追従させる。図3に示された階段関数を使用する場合には、マイクロコンピュータは種々異なる階段の長さを用いることにより、同じ測定時点の順次連続するサンプリングの数を有効エコーパルスの領域で増大させ、他の領域で低減させることができる。

【0026】前記の実施例で各送信期間においてサンプリング値が形成される場合、サンプリング値は2MHzの送信クロック信号STの周波数で、すなわち0.5μsの間隔で順次連続する。しかし通常用いられるマイクロコンピュータは格段に低い周波数、例えば500Hz、すなわち2msの時間間隔のサンプリング値しか記録することができない。このことは、サンプリングを各

送信期間で行うのではなく、各n番目の送信期間、例えば各4000番目の送信期間で行う重要な理由である。しかし送信クロック発生器10は送信信号STを相変わらず2MHzの周波数で送出し、従って遅延制御回路24も同じ周波数のサンプリング制御信号SAを出力するから、時間差測定回路32はこれら信号間の時間差Δtを同じ周波数で測定することができる。すなわち例えば、4000の時間差測定が2つのサンプリング間のサンプリング間隔で行われる。図3に示した階段曲線を使用する場合には、時間差Δtはこの時間間隔では変化しない。従って4000個の同じ測定値が得られる。従って有利には、サンプリング間隔で得られた時間差Δtに対する測定値を時間差測定回路32で積分し、積分値を時間差信号SDとして出力する。このことによって時間差測定に対する測定精度が高まり、ノイズの影響が低減され、信号振幅が増大される。

【0027】しかし同じ積分を、図2の鋸歯信号を使用する場合に適用することもできる。すなわちこの場合、時間差Δtはサンプリング間隔内で常時変化するが、この変化は非常に小さく（なぜならこの変化はわずか1つサンプリング段である）、また変化は線形である。従って積分によって平均値を得ることができ、この平均値は正確に、先行するサンプリング時点の時間差Δtと後続のサンプリング時点の時間差Δtとの中央にある。この平均値は従ってマイクロコンピュータ30で、時間差補正のためのサンプリング時点の正確な時間差Δtと同じ良いように、パルス伝搬時間の検出の際に基準として用いることができる。同じことが他の任意のサンプリング関数に対しても当てはまる。サンプリング関数はマイクロコンピュータには既知であるから、マイクロコンピュータは積分値と測定すべき時間差との関係を計算し、時間差補正の際とパルス伝搬時間検出の際に考慮することができる。

【0028】サンプリングが各送信期間では行われず、各n番目の送信期間でだけ行われる場合に対して、図1にさらに別の手段が示されている。この手段はサンプリング関数の形成に基づいてマイクロコンピュータ30により可能であり、電力を節約する目的を有する。前に述べた実施例で各送信区間で1つの送信パルスが形成されるなら、各4000番目の送信パルスだけが評価に使用され、他の送信パルスは使用されないままである。しかし測定装置が消費する電力の大部分は送信パルスの形成に対して用いられる。

【0029】従って図1の構成ではマイクロコンピュータ30は出力側30dに阻止信号を出力し、この阻止信号は送信パルス発生器12の制御入力側12cとサンプリングパルス発生器22の制御入力側22cに供給される。これにより、送信パルスISとサンプリングパルスIAの形成がすべての送信期間で阻止され、不要のサンプリングが行われなくなる。このようにして大きな電力

節約が達成され、しかも測定装置の機能が損なわれることはない。電力節約はとりわけ２線給電の測定装置において重要である。この装置では測定装置のエネルギー供給が中央から２線線路を介して行われ、この２線線路を介して反対方向に測定信号が４から２０ｍＡの可変電流の形態で伝送される。このような測定装置では、測定装置のエネルギー供給に使用できる電流が４ｍＡに制限されており、従って電力節約のあらゆる手段を利用すべきである。

【００３０】図１の測定装置の種々の変形が当業者には容易である。とりわけマイクロコンピュータ３０の代わりに他のいずれの計算回路でも、これが関数信号ＳＦをサンプリング関数に基づいて形成することができれば使用することができる。これは例えばアナログ計算回路の

場合である。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の方法を実施するための装置のブロック回路図である。

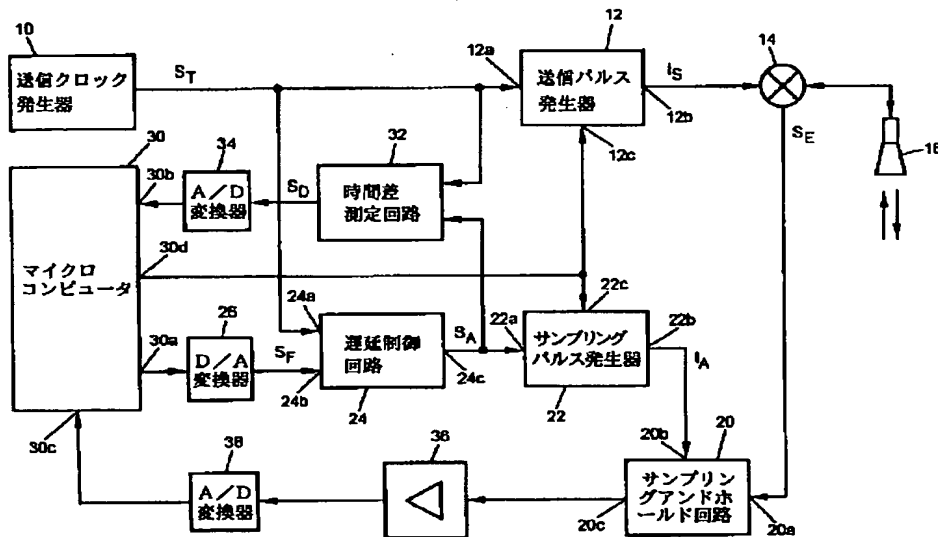
【図２】本発明の方法で適用することのできるサンプリング関数のタイムチャートである。

【図３】本発明の方法で適用することのできる別のサンプリング関数のタイムチャートである。

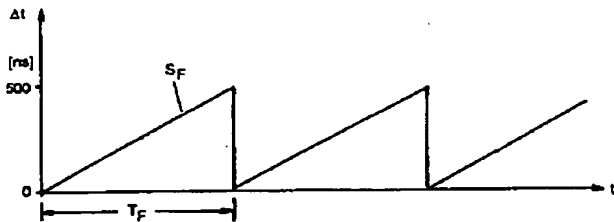
【符号の説明】

- １０ 送信クロック発生器
- １２ 送信パルス発生器
- １４ 送受信スイッチ
- １６ アンテナ

【図１】



【図２】



【図３】

